

ДОКЛАДЫ

Московского
научно-технического общества
радиотехники, электроники и связи
имени А.С. Попова

Серия: ПРОБЛЕМЫ ЭКОИНФОРМАТИКИ

Выпуск: XII



МОСКВА - 2016

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
МОСКОВСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО
РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ и СВЯЗИ ИМ. А.С. ПОПОВА**

**ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ
ИМ. В.А. КОТЕЛЬНИКОВА РАН**

**FEDERAL AGENCY SCIENTIFIC ORGANIZATIONS
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
THE MOSCOW SCIENCES ENGINEERING A.S. POPOV SOCIETY
FOR RADIO, ELECTRONICS AND COMMUNICATION**

**V.A. KOTELNIKOVS INSTITUTE OF RADIOENGINEERING &
ELECTRONICS, RAS**

**МАТЕРИАЛЫ XII МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА
ПРОБЛЕМЫ ЭКОИНФОРМАТИКИ
(совместно со школой - семинаром молодых ученых)**

МОСКВА, 6-8 ДЕКАБРЯ 2016 г.

**PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ECOINFORMATICS PROBLEMS
(with the school-seminar for young scientists)**

MOSCOW, 6-8 DECEMBER, 2016

**МОСКВА, 2016
MOSCOW, 2016**

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ОКЕАН-АТМОСФЕРА МЕТОДАМИ СПУТНИКОВОЙ СВЧ-РАДИОМЕТРИИ

STUDY OF HEAT AND DYNAMIC PROCESSES IN THE SYSTEM OCEAN-ATMOSPHERE WITH THE METHODS OF SATELLITE MICROWAVE RADIOMETRY

А.Г. Гранков, А.М. Мильшин, Н.К. Шелобанова

Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова
РАН,
141190 Фрязино Московской области, пл. Введенского, д. 1
Тел. 496-56-526-56, E-mail: agrankov@inbox.ru

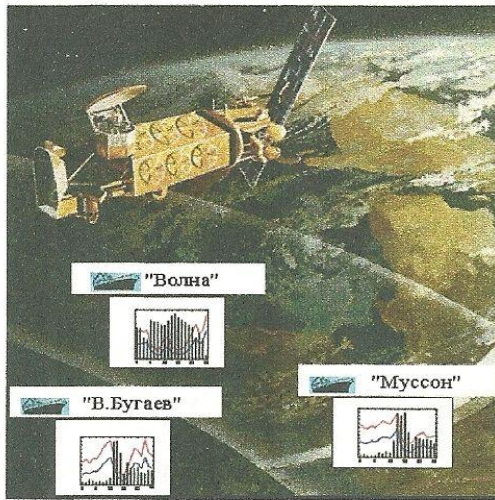
В сообщении анализируется на ряде примеров поведение радиояркой температуры системы океан-атмосфера (СОА) и показывается, что поле собственного СВЧ-излучения может служить непосредственной характеристикой теплового взаимодействия океана и атмосферы. Проведенные в Институте радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН совместно с Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН и организациями Роскосмоса многолетние исследования показывают, что интенсивность собственного СВЧ-излучения можно рассматривать как неотъемлемое свойство (атрибут) СОА, подобно привычному для широкого круга специалистов тому факту, что интенсивность собственного теплового излучения системы в ИК-диапазоне является естественной (прямой) характеристикой ее радиационного баланса и его составляющих.

Впервые идея использования данных дистанционных СВЧ-радиометрических измерений для определения не только отдельных (парциальных) параметров Земли, но и интегральных (обобщенных) ее характеристик была предложена сотрудниками Института радиотехники и электроники (ИРЭ) Академии Наук Е. Реутовым и А. Шутко в конце 80-х годов. Ими была выдвинута гипотеза о существовании прямой связи между интенсивностью собственного радиотеплового излучения земной поверхности – радиояркой температуры с введенным А. Григорьевым и М. Будыко количественным понятием радиационного индекса сухости [1]. Впоследствии эта идея была подтверждена результатами многочисленных экспедиционных работ, проведенных ИРЭ в 80-е и 90-е годы с помощью оснащенных СВЧ-радиометрами радиодистанционных носителей в различных республиках СССР, а позднее и за рубежом. Эти результаты во многих отечественных и зарубежных работах, их итогом стала монография [2], вызывающая в настоящее время большой интерес, как у научных работников, так и у специалистов-прикладников в различных странах.

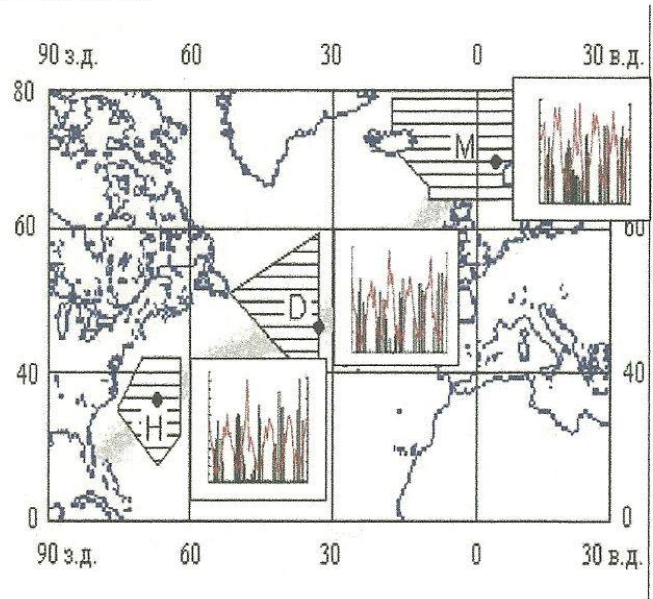
В дальнейшем эта концепция получила развитие для изучения взаимодействия океана и атмосферы спутниковыми СВЧ-радиометрическими методами. В основу данного направления легло развитие методов анализа тепловых и динамических процессов на границе раздела океана и атмосферы по данным измерений яркой температуры системы океан-атмосфера с ИСЗ в сантиметровом и миллиметровом диапазонах длин волн [3].

Ниже приведены отдельные результаты (тезисы) этих исследований, проведенных нами при сотрудничестве с Институтом океанологии (ИО) им. П.П. Ширшова РАН и организациями Роскосмоса. Некоторые из них включены в Годовые отчеты РАН за 1998, 2012 и 2014 гг.

1. Экспериментально подтверждена тесная связь интенсивности собственного СВЧ-излучения (яркостной температуры) СОА с вариациями вертикальных турбулентных потоков явного, скрытого тепла и импульса на синоптических, сезонных и климатических масштабах времени в Норвежской (М), Ньюфаундлендской (D) и Гольфстримской (H) областях Северной Атлантики.

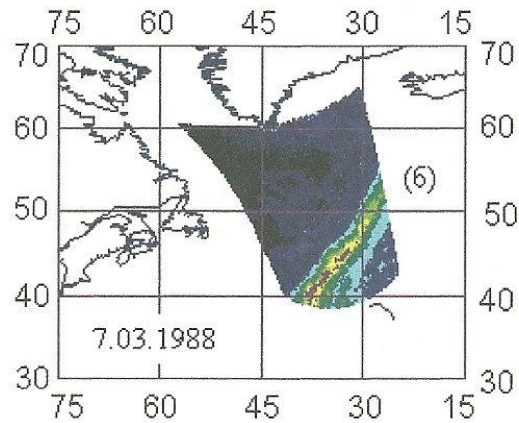
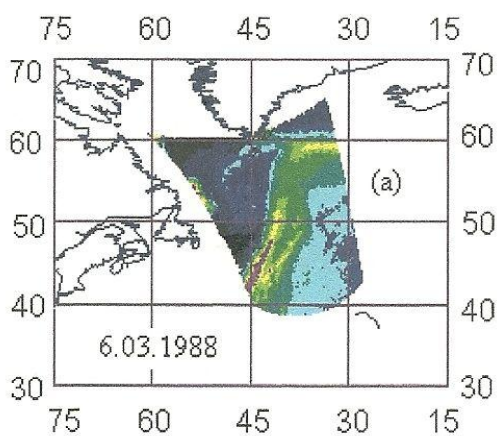


Яркостная температура, измеренная со спутника F-08 на длине волны излучения 1,35 см (верхние кривые), расчетные авиационные оценки (нижние кривые); оценки тепловых потоков (вертикальные столбики) для НИСП "Волна", "Муссон" и "В. Бугаев" в эксперименте АТЛАНТЭКС-90 (апрель 1990 г.)



Результаты сопоставления среднемесячных значений потоков суммарного тепла (кривые) и яркостной температуры (вертикальные столбики), измеренной с метеорологических ИСЗ серии DMSP на длине волны 1,35 см для областей М, D, H Северной Атлантики с 1988 по 1994 гг. Источниками данных о тепловых потоках служат известные архивы NCEP/NCAR

2. Данные спутниковых СВЧ-радиометрических измерений в области резонансного поглощения в водяном паре атмосферы (на длине волны 1,35 см) могут давать прямую информацию о пространственно-временной динамике передвижения атмосферных масс над океаном.

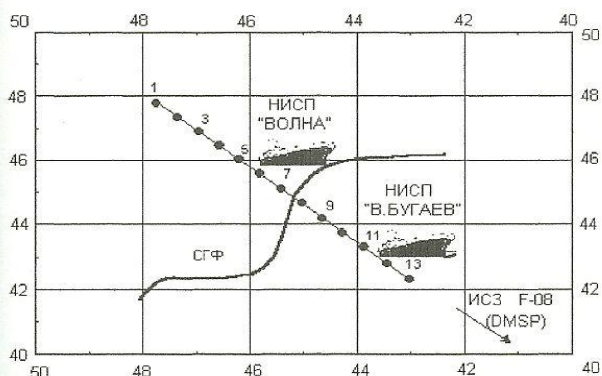


Динамика полей яркостной температуры на длине 1,35 см в диапазоне изменения 180÷240 К по данным измерений спутника F-08 во время перемещения мощного циклона: (а) – 8 ч утра 6 марта 1988 г.; (б) – 8 ч утра 7 марта 1988 г

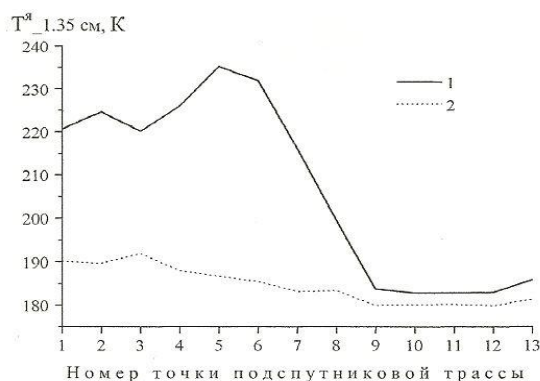
Приведенные иллюстрации позволяют сделать вывод о том, что по результатам спутниковых СВЧ-радиометрических измерений можно судить о направлении и

скорости перемещения атмосферных фронтов. В данном случае можно сделать вывод о том, что в атмосферные массы перемещались в направлении Азорских островов со скоростью, оцениваемой приблизительно в 30 км/ч.

3. Данные спутниковых СВЧ-радиометрических измерений могут использоваться для изучения динамики фронтальных областей в океане при воздействии циклонов.



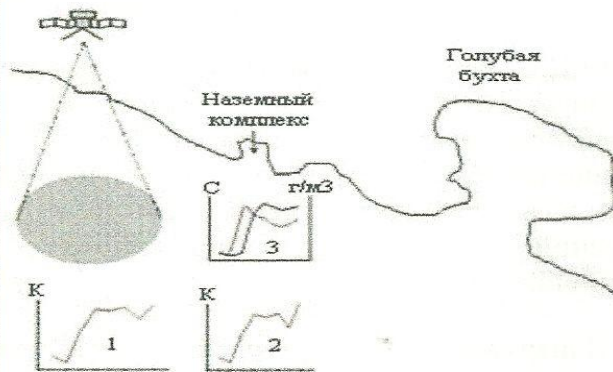
Карта-схема спутниковых СВЧ-радиометрических и прямых судовых измерений в эксперименте НЬЮФАЭКС-88 в районе СГФ (субполярного гидрологического фронта) в Северной Атлантике в марте 1988 г. Ньюфаундленская энергоактивная область Северной Атлантики



Вариации яркостной температуры на длине волны 1,35 см по данным измерений спутника F-08: (1) до прихода циклона; (2) – после его прохождения. Точками обозначены спутниковые выборки. Заметен эффект сглаживания СВЧ-радиационных характеристик после прохождения фронта

Приведенный пример свидетельствует о том, что спутниковые СВЧ-радиометрические измерения позволяют оперативно оценивать резкие изменения характеристик СОА во фронтальных зонах Северной Атлантики.

4. Результаты спутниковых СВЧ-радиометрических измерений могут быть полезными для исследования динамики характеристик системы водная поверхность-атмосфера в условиях приближения морских штормов.

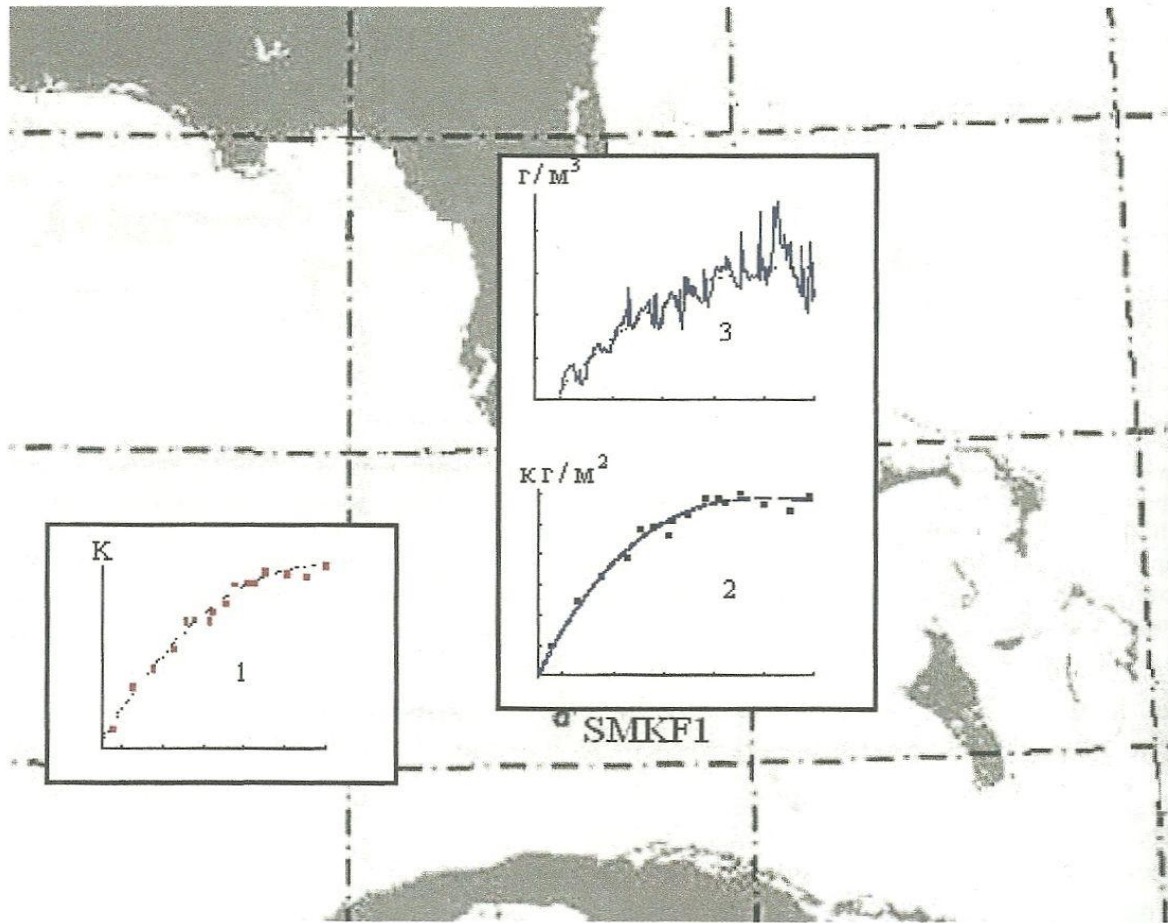


Результаты одновременных СВЧ-радиометрических и метеорологических измерений в районе Голубой бухты Черного моря 22–30 сентября 2010 г. накануне прихода мощного морского шторма: 1 - яркостная температура на длине волны 1,35 см (в градусах Кельвина), измеренная со спутника EOS Aqua; 2 - яркостная температура атмосферы на длине волны 1,35 см (в градусах Кельвина), измеренная ориентированным вверх радиометром с пирса Геленджикского филиала ИО РАН; 3 – метеорологические измерения с пирса температуры ($^{\circ}\text{C}$) и влажности ($\text{г}/\text{м}^3$) приводного воздуха

Из иллюстрации видно сходство характера реакции на приближение шторма температуры и влажности воздуха в приводном слое атмосферы на пирсе, а также яркостных температур СОА в резонансной области поглощения радиоволн в водяном

паре атмосферы, независимо от способа спутниковых СВЧ-радиометрических измерений (сверху или снизу).

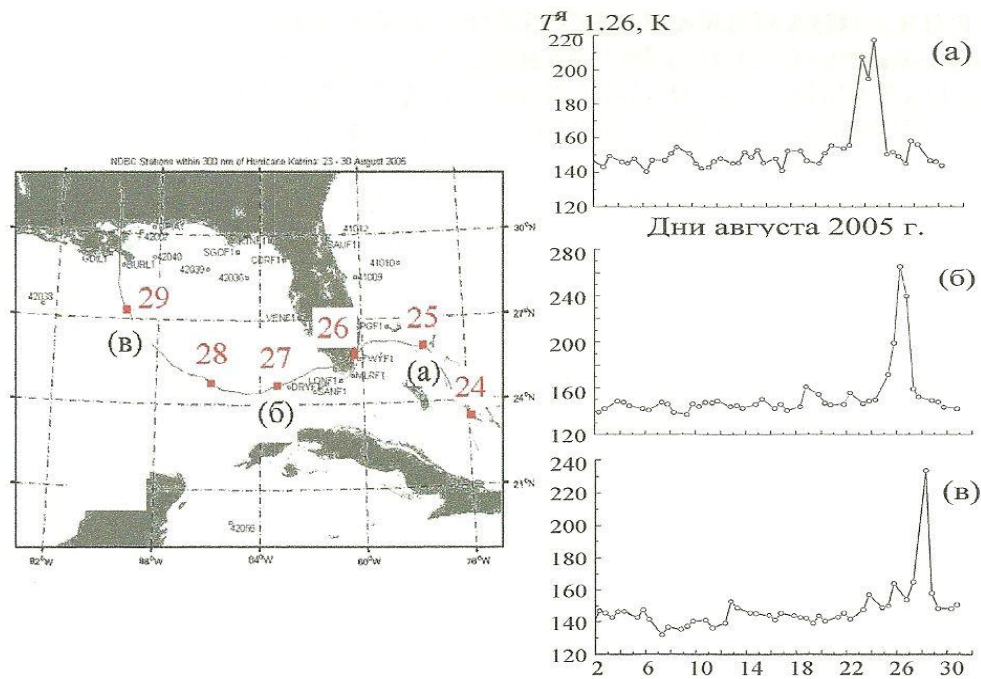
5. Результаты спутниковых СВЧ-радиометрических измерений могут использоваться для исследования динамики характеристик системы океан-атмосфера в условиях приближения тропических ураганов.



Результаты одновременных СВЧ-радиометрических измерений и метеорологических измерений во время прохождения тропического урагана Katrina во Флоридском проливе Мексиканского залива 18–28 августа 2005 г.: 1 - яркостная температура СОА на длине волны 1,26 см (в градусах Кельвина), измеренная со спутника EOS Aqua; 2 – общее влагосодержание атмосферы (в кг/м²), оцененное по данным спутниковых измерений; 3 – влажность приводного слоя атмосферы (в г/см³), измеренная с метеорологической станции SMKF1 (Sombro Key)

Обнаружен эффект тепловой "накачки" атмосферы (т.е. аккумуляции скрытого тепла) в атмосферном водяном паре в период времени, предшествующий приближению урагана Katrina к станции SMKF1, который выражается в монотонном нарастании значений общего влагосодержания атмосферы, влажности воздуха в ее приводном слое, а также яркостной температуры СОА в области резонансного поглощения радиоволн в водяном паре атмосферы.

6. С помощью данных регулярных СВЧ-радиометрических измерений яркостной температуры системы океан-атмосфера в резонансной области поглощения радиоволн в водяном паре атмосферы можно исследовать пространственную и временную динамику распространения тропических ураганов в океане.



Траектория распространения тропического урагана Katrina в период 24–29 августа 2005 г. (рисунок слева). Вариации яркостной температуры COA на длине волны 1,26 см, измеренные со спутника EOS Aqua в различных точках траектории распространения урагана Katrina от очага его возникновения к южному побережью США: а) 26°с.ш., 78°з.д.; б) 25°с.ш., 83°з.д.; в) 27°с.ш., 89°з.д. (рисунок справа)

Из иллюстрации видно, что появление урагана Katrina в той или иной области Мексиканского залива сопровождается резким всплеском яркостной температуры COA на длине волны 1,26 см, природа которых объясняется накоплением водяного пара в атмосфере в периоды времени, предшествующие приходу урагана.

Литература

1. Шутко А.М. СВЧ-радиометрия водной поверхности и почвогрунтов. М.: Наука, 1986.
2. СВЧ-радиометрия земной и водной поверхностей: от теории к практике (научные редакторы: В.С. Верба, Ю.В. Гуляев, А.М. Шутко, В.Ф. Крапивин). София: Академическое издательство им. проф. М. Дринова, 2014.
3. Гранков А.Г., Мильшин А.А., Новичихин Е.П. Радиоизлучение системы океан-атмосфера в ее энергоактивных зонах. LAMBERT, Academic Publishing, 2016.